

(19)日本特許庁 (JP) (20)公表特許公報 (A) (21)特許出願公表番号

特表平11-501232

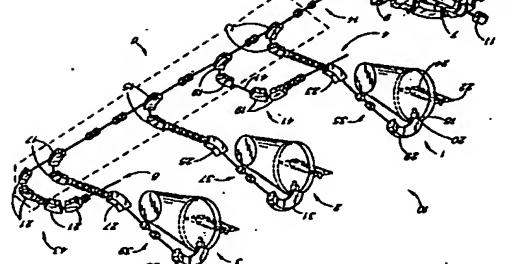
(43)公表日 平成11年(1999)2月2日

(51)Int.Cl.*	繊別記号	P 1
A 61 N 5/10	A 61 N 5/10	H
		S

(21)出願番号	特願平8-525073	(71)出願人	ロマ リンド ユニヴァーシティ メディカルセンター
(22)出願日	平成8年(1996)2月13日	(65)国際出願番号	カリフオルニア州
(35)国際出願日	平成9年(1997)8月15日	(36)国際公表番号	92354 ロマ リンド アンダーソン ストリート 11234
(37)国際公表日	PCT/U S 96/0 1900	(72)発明者	ブリトン バリー ジー、
(38)優先権主張番号	WO 96/26201	(39)優先権主張番号	アメリカ合衆国 92356 リバーサイド ロックレッジ ドライブ 5034
(40)優先権主張日	平成8年(1996)8月22日	(41)代理人	三枝 美二 (外2名)
(42)優先権主張番号	0 8/3 88, 9 5 3	(43)代理人	井理士
(43)優先権主張日	1995年2月15日	(44)代理人	三枝 美二 (外2名)
(45)就労国	米国 (US)	(46)代理人	DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M, C, NL, PT, SE, JP, SG

最終頁に続く

(54)発明の名稱 放射線治療装置のためのビーム経路コントロール及びセキュリティシステム



(55)【発明の範囲】
1. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択された1つに放射線を向けるための多量化されたスイッチャード及びビーム伝送システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、
(a) 選択された治療室からビームエスト信号を受けるステップと；
(b) 該ビームエスト信号からビームバス構成信号を引き出すステップと；
(c) 放選択されたビームバス構成信号に従ってスイッチャード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップと；
(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに伝送されるようになっていることを確認するステップと；
(e) ステップ (d) に応じて放射線を前記選択された治療室に送るステップとを備えていることを特徴とする放射線ビームセキュリティ方法。
2. 前記ステップ (d) が、
(f) 前記検出ステップからスイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すステップとを組み合わせたもの。

特徴とする請求項3記載の方法。

【特許請求の範囲】

1. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択された1つに放射線を向けるための多量化されたスイッチャード及びビーム伝送シ

ステムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、
(a) 選択された治療室からビームエスト信号を受けるステップと；
(b) 該ビームエスト信号からビームバス構成信号を引き出すステップと；
(c) 放選択されたビームバス構成信号に従ってスイッチャード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップと；
(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに伝送されるようになっていることを確認するステップと；
(e) ステップ (d) に応じて放射線を前記選択された治療室に送るステップとを備えていることを特徴とする放射線ビームセキュリティ方法。
2. 前記ステップ (d) が、
(f) 前記検出ステップからスイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すステップとを組み合わせたもの。

3. ステップ (d) の確認がない場合にはビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項2記載の方法。
4. 前記スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐えている部分の温度を検出してオーバーヒート状態を判別するステップを更に備えていることを特徴とする請求項3記載の方法。

5. 前記ビーム伝送システム及びスイッチヤード内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性を検出するステップと；

人間が接触している可能性がある場合にはビームの伝送を拒否するステップとをさらに備えていることを特徴とする請求項4記載の方法。

6. 元長通信バスによって検出された情報を伝送するステップを更に備えてい

ることを特徴とする請求項5記載の方法。

7. 前記元長通信バスは相補的ロジックであることを特徴とする請求項6記載の方法。

8. 前記相補的ロジック元長通信バスを比較して通信リンク障害を判別するステップと；

9. 前記通信バスの伝送にはビームの伝送を拒否するステップとを更に備えていることを特徴とする請求項7記載の方法。

9. 前記選択されたビームバス構成信号を相補的ロジック元長通信バスによつて伝送するステップと；

前記スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号を相補的ロジック元長通信バスによって伝送するステッ

プと；

それぞれの相補的ロジック元長通信バスを比較して通信リンク障害を判別するステップと；

通信リンク障害がある場合にはビームの伝送を拒否するステップとを更に備えて

いることを特徴とする請求項2記載の方法。

10. 前記相補的ロジック元長通信バスのそれぞれにおいて、前記スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号と前記選択されたビームバス構成信号とを比較してビームバスエラーを判別するステップと；

ビームバスエラーがある場合にはビームの伝送を拒否するステップとを更に備えていることを特徴とする請求項9記載の方法。

11. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択された1つに放射線を向けるための多重化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、

(a) 選択された治療室からビームリクエスト信号を受信する手段と；

(b) ビームリクエスト信号からビームバス構成信号

を引き出す手段と；

(c) 選択されたビームバス構成信号に従ってスイッチヤード及びビーム伝送

システム構成を選択する手段と；

(d) スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチヤー

ド及びビーム伝送システムの構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに伝送するようになっていることを確認する手段と；

(e) 放射線を前記選択された治療室に送る手段とを備えていることを特徴とする放射線ビームセキュリティのための装置。

12. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択された1つに放射線を向けるための多重化されたスイッチヤード及びビーム伝送

システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、

前記多重化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムのエレメントからなる複数のグループを備えており、各グループは他のグループとは異なる共通の機能特性を有しており、

共通の機能特性を有する前記グループのそれそれを制御するための専用のコントローラを備えていることを特徴とする多面化されたスイッチヤード及びビーム伝送シ

ステムを制御するための装置。

13. 前記グループの少なくとも1つはスイッチヤード双極子マグネットアレイは、前記放射線ビーム処置室に対応する複数の放射線ビームバスの内の選択された1つに、陽子放射線ビームを向ける専用コントローラによって、制御されることを特徴とする請求

図12記載の装置。

1.4. 前記グループの少なくとも1つは一组の双極子マグネットを備えており、該双極子マグネットは、前記複数の放射線ビームバスのそれそれに分配されており、前記複数の放射線ビームバスの内の選択された1つに陽子放射線ビームを向ける専用コントローラによって制御されることを特徴とする請求項13記載の装置。

[発明の詳細な説明]

放射線治療設備のためのビーム経路

コントロール及びセキュリティシステム

発明の技術分野

本発明は一般的に放射線治療設備のコントロール及びセキュリティシステムに関する。詳細には、本発明は、陽子治療設備用のビーム経路コントロール及びセキュリティシステムに関する。特に、患者、職員、及び装置に対する危険な状態を制御、検知、及び回避するためのシステムに関する。

発明の背景

今日の放射線治療は、 β 線、 γ 線、X線及び高エネルギー陽子のような数タイプの電離放射線を利用して、癌の広がりを防止及びコントロールするために悪性組織に照射されている。特に陽子ビーム治療は近年、治療技術及び設備における有効性に関して劇的に発展した。世界にある多くの陽子医療システムでは、陽子加速器は元々物理的調査のために建設され、後に一部臨床試験及び治療に適用されるようになった。しかし、陽子ビーム治療の目下の利点は専用の臨床的基礎設備の開発でよく認識

されている。そのような治療設備の1つとして、ロマリンダ大学医療センター(Loma Linda University Medical Center)に設けられた設備は、多数の治療室に治療用の陽子ビームを送ることを目的として建設された。このようにすることによって、患者の処理量が増加し、高額の治療費を下げることができる。設備の概要及びその開発については、1992年発行のInt. J. Radiation Oncology 第22巻第2章第3.8.3ページから第3.8.9ページにJ.W.Slater等が記載した "The Proton Treatment Center at Loma Linda University Medical Center: Rationale for and Description of its Development" に記載されているので、適宜参照されたい。陽子ビーム装置及び設備のより詳細な説明は、F.T.Cole等による米国特許第4,870,287号(発明の名称: "Multi-Station Proton Beam Therapy System")に記載されているので、適宜参照されたい。

陽子放射線ビーム経路は、ビームの偏向及びフォーカスのために大きな高電界

電田石を使用して操作する。ロマリンダの設備では、陽子ビームは一連の陽子シ

ンクロトロンで生じ、ビーム経路によっていくつかのターゲットの内の任意の1つに伝送される。陽子放射線の照射からの保護を保証するため、ビーム経路マグネットをモニ

タ及びコントロールして、ビームが進む方向に向いたりタイミングがずれたりすることを防止する必要がある。この目的のため、治療室選択の確認方法が採用されている。これにより選択された所置のバスの実行がビームの供給前に確認される。選択確認の方法は米国特許5,260,581号に十分開示されているので

、省略参照されたい。このような方法においては、放射線の治療照射からの保護が必要なことは明らかであるが、起こり得るすべての危険障害状況を検出するわけではない。このようなマグネット群にはガワフットクラスの電力が必要とされることが多く、職員の接觸に対する安全のために適切なセーフガードがとられなければ、設備職員に致命的な危険を与えてしまう。したがって、マグネットの配列を適切にしてタイミングも適切にすることに加えて、機械的、電気的及び温度的破壊に対して適切な距離が行われるべきである。部品の障害が発生すると、いずれかの原因により、高電力装置はディスエーブルされ、放射線ビームはいわゆる"ビームダンプ"に向けられるべきである。これらの目標とする要求に適合させることは非常に重要な宿命であることは明らかである。

放射線治療のより広い範囲において、治療のための必要な前提条件は個別的な放射線照射の不注意の照射は例えば、ビームのターゲットミス又は放射線ビーム伝送の不適切なタイミングによって起ることもある。それにも拘わらず、陽子ビーム治療のための要求が増し、治療設備がより複雑になるので、例えば、ロマリン

ダ大学医療センターでは、ビーム経路の安全性にコストがかかり、ビーム経路の安全性を保証する試みが非常に重要となっている。

発明の概要

本発明に従つた新しい放射線治療設備は基本的には、放射線源と、被検の放射線ビーム処理室と、及び放射線ビーム処理室のうちの選択された1つに放射線ビームを向けるための複数のスイッチヤード及びビーム伝送システムとを備えている。このような処理設備に潜在する1つの問題は、バスの誤り又は複数のバスが作動することにより、偶発的に起る放射線照射があり得ることである。従つて、本発明の目的の1つは、個別な放射線照射、その他の危険状態から職員及び設備を保護することである。

本発明の1端によれば、放射線ビームセキュリティ

方法は、選択された処理室からのビームリクエスト信号をまず受信する。ビームバス構成信号はビームリクエスト信号から引き出され、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するために使用される。スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成は、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成が選択された処理室への放射線ビーム伝送を可能とし且つ他の処理室へ伝送されないと確認するために、センシングされる。正しいシステム構成が確認されると、選択された処理室へ放射線ビーム伝送が行われる。

利用できるビームバスが複数あるので、選択されたバスがアクティブであることをチェックする必要があるが、それのみならず、他のビームバスが同時にアクティブにならないこともチェックするのが望ましい。本発明にかかる方法は、センシング処理からスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すことにより上記の確認を行っている。スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号は選択されたビームバス構成を表す信号と比較される。この比較は、選択されたビームバス構成信号のすべてのエレメントがスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号に含まれていることの確認が必然的に伴う。従つて、選択されたバスがアクティブであ

ることが保証される。上記の比較はさらに、スイッチヤード及びビーム伝送構成信号のすべてのエレメントが、選択されたビームバス構成信号に含まれていることの確認が必然的に伴う。従つて、選択されたバスがアクティブであ

との確認を必然的に伴う。従つて、他のバスがアクティブにならないことが保証される。

バス構成のセンシングに加えて、好みらしいビーム経路コントロールセキュリティシステムは、感電、装置のオーバーヒート及び通信リンク障害のような危険な状況から電気及び装置を保護する。センシングは好ましくは、人間が電気負担に耐える部分に接触している（感電死の危険がある）可能性を検出することも行う。さらに、センシングは、電気負担に耐える部分によるオーバーヒートの検出を行うのが望ましい。情報と信号処理段階を感知するための冗長通信バスを設けることによって、通信障害は減少する。冗長通信バスが共通ロジックコンピュメントであるときには、これらのロジック比較が通信リンク障害を判別する方法となる。

本発明の他の形態によれば、放射線ビームセキュリティ用の装置は、ビームリクエスト信号を選択された処置室から受信する手段と、前記ビームリクエスト信号からビームバス構成信号を引き出す手段（例えば、デジタルシグナル通信ネットワークプロセッサ又はローカルデジタルプロセッサ）とを備えている。前記装置は、選択されたビームバス構成信号に基づいてスイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するための手段も備えている。さらに、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を検出し、スイッチヤード及びビーム伝送システム構成が放射線を選択された処置室にのみ伝送する構成であることを確認するための手段がある。最終的には、上記の構成に対応して放射線ビームを選択された処置室に供給するための手段がある。

本発明の他の形態によれば、多皿化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムを駆動するための装置は、多皿化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムのエレメントを構成する複数のグループから構成され、各グループは他のグループとは異なる共通の機能特性を有している。装置はさらに、共通の機能特性を有する各グループ用の専用コントローラを備えている。好ましくは、各グループは、複数の放射線ビームバスのそれぞれへの放射線の伝送に関する共通の機能特性を有するエレメントで構成されている。さらに、好ましくは、各専用コント

ローラは選択されたビームバスのために、各機能エレメントをアクティブにするように作動する。

図面の筋道な説明

図1は、本発明が特に適する典型的な電子ビームガバメント装置の概略的斜視図である。

図2は、双極子スイッチコントロールシステムの概略化したブロック図である。

図3A及び3Bは、スイッチヤードマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。

図4は、45°ガントリーマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。

図5は、135°ガントリーマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。

図6は、双極子スイッチコントロールシステムの基本的フローチャートである。

図7は、電子ビームコントロールシステムの安全性の簡略化したフローチャートである。

図8は、システムに使用されるコンプリメンタリ冗長ロジックの簡略化した概略図である。

図9は、コンプリメンタリ冗長オブティカルカプラーの概略図である。

往還な実施形態の詳細な説明

一般的に、本発明にかかるビームコントロール及びセキュリティシステムは、放射線源と放射線を方向付けすることができる複数のビーム位置とを備えている。

放射線治療装置に利用することができる。このような治療システムは0.01eVによる米国特許第4,870,287号に十分開示されている。ここでは図1を参照しつつ概略的に説明する。

図1に描かれているように、本発明を適用できる陽子ビーム治療システム1 0は、入射器9によって加速器1 2に接続された陽子源1 1を備えている。患者2 2は、固定ビームステーション4、又はリサーチビームステーション5等に高エネルギー陽子を運ぶビームランプポートシステム1 4に、陽子加速器1 2は接続されている。患者2 2は、複数の治療ステーションから選択された治療ステーション内に、一定方向に保持されている。それぞれの治療ステーション1、2、及び3において、ビームトランプポートシステム1 4はガントリー1 8を備えている。ガントリー1 8は回転軸周りに回転してビームを伝送することにより、陽子ビームを回転軸線上で受け取り、回転軸から離れたところに陽子ビームを伝送し、陽子ビームを回転軸線に垂直で且つ交差する軌道に方向付けができる。交差点は、テーブルのような患者支台によって一定の方向に向けられて支持された患者2 2の内部にあるターゲット等角点2 4に設けられる。このような配置によりガントリー1 8が回転すると、陽子ビームは、患者の治療の間伝送システム2 0によって、幾分異なる角度でターゲット等角点2 4に達ばれる。

より詳細に説明すると、図示されている陽子ビーム治療システムの構成においては、慣用されている部品を利用し、組み合わせ、調整し、公知の荷電粒子ビームの伝送、加速、及び集中に関する技術に従って調整され、加速システム及び入射システムについて所置のパラメータ、及び性能についての仕様、パラメータを達成している。例えば、米国特許第4, 870, 287号の特抜1、付表11、図表I-VIIに挙げられたものを参照されたい。これらに挙げられているように、陽子源1 0は、4.0 MeVの陽子ビームを提供するデュオラスマトロニオン源とすることができる。ビームは、ビームを無線周波数4周波リニア加速器(Radio-Frequency Quadrupole Linear accelerator)(RFQ)に合わせたためのソノノイドレンズによって焦点に集められる。RFQは、1.80度ベンディングマグネット8及びその後の入射器9を通過できるように陽子を1.7 MeVに加速する。入射器9は陽子ビームを加速器1 2に打ち込む。加速器1 2は、0.5秒以内に約2.50 MeVにまでビームを加速できる陽子シンクロトロンである。従って、陽子シンクロト

ロンは1周あたり約90eVのエネルギーを必要とする。ビームは、水平共

2、固定ビームステーション4、又はリサーチビームステーション5等に高エネルギー陽子を運ぶビームトランスポータシステム14に、陽子加速器12は接続されている。患者2 2は、複数の治療ステーションから選択された治療ステーション内で、一定方向に保持されている。それぞの治療ステーション1、2、及び3において、ビームトランスポータシステム14はガントリー18を備えている。ガントリー18は回転軸周りに回転してビームを伝送することにより、陽子ビームを回転軸線上で受け取り、回転軸から離れたところに陽子ビームを伝送し、陽子ビームを回転軸に垂直で且つ交差する軸道に方向付けすることができる、又交差点は、テーブルのような患者支持台によって一定の方向に向けられて支持された患者2 2の内部にあるターゲット等角点2 4に受けられる。このような配列によりガントリー18が回転すると、陽子ビームは、患者の治療の間伝送システム2 0によって、燃分異なる角度でターゲット等角点2 4に選ばれる。

より詳細に説明すると、図示されている陽子ビーム治療システムにおいては、慣用されている部品を利用し、組み合わせ、調整し、公知の電離子ビームの伝送、加速、及び集中に関する技術に従って構成され、加速システム及び入射システムについて所置のパラメータ、及び性能についての仕様、パラメータを達成している。例えば、米国特許第4, 870, 287号の特許1、付表II、図表I-IVに掲げられたものを参照されたい。これらに掲げられているように、陽子源10は、4.0 keVの陽子ビームを提供するデュオプラスマドロイン源とすることができる。ビームは、ビームを無線周波数4重巻リニア加速器(Radio-Frequency Quadrupole linear accelerator)(RFQ)に合わせるためにソノイドレンズによって焦点に集められる。RFQは、1.8 0度ベントシングマグネット8及びその後の入射管9を通過できるように陽子を1.7 MeVに加速する。入射器9は陽子ビームを加速器12に打ち込む。加速器12は、0.5秒以内に約2.5 MeVにまでビームを加速できる陽子シンクロトロンである。従って、陽子シンクロトロン

吸出射又は「投射(gp[ll])」によって、シンクロトロンから様々に取り出される。これによって、陽子ビームがビームランプスポート装置へ投射される。シンクロトロンの詳細及びその操作は米国特許第4,870,287号により詳しく開示されている。

図示されているビームトランスポートシステム1.4は5つのスイッチングマグネットからなるスイッチチャード6も備えている。それぞれのスイッチングマグネットには2つの状態があり、オペレータの操作によって2つの状態の間を電気的にスイッチングすることができる。例えば、第1の状態では、スイッチングマグネット1.3は加速器1.2から陽子ビームを受け取り、陽子ビームを曲げて後方のマグネット1.3と治療器1.8に設けられたビームオブティクス(beam optics)に伝送する。第2の状態ではスイッチングマグネット1.3は陽子ビームを通過させてスイッチングマグネット1.9に送り、スイッチングマグネット1.9が第1の状態にあれば陽子ビームを曲げて定常ビーム治療ステーション内のコンバーネントに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット1.9も第2の状態にあれば、スイッチングマグネット1.9は陽子ビームをスイッチングマグネット1.5に通す。スイッチングマグネット1.3と同様に、

スイッチングマグネット1.5も第1の状態にあるときには陽子ビームを曲げて治療ステーション2のガントリー1.8に開通するマグネット及びビームオブティクスに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット1.5は第2の状態にあるときには陽子ビームを通過させてスイッチングマグネット1.7に送り、スイッチングマグネット1.7が第1の状態にあれば陽子ビームを曲げて治療ステーション3のガントリー1.8に開通するマグネット及びビームオブティクスに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット1.7が第2の状態にあれば、スイッチングマグネット1.7は陽子ビームを通過させ、陽子ビームを曲げてリサーチステーション5に向けるためのマグネット2.1に陽子ビームを伝送する。

上述のように、ビームトランスポーターシステム1.4は、スイッチャード6と、
治験ステーション1から3及びステーション4、5につながるビームトランスポー
ート装置とを備えている。図1に示されているように、スイッチャード6は、ス
イッチマグネット13、15、17、19、21及び中間4箇所マグネットを備
えている。ビームは加速度器1.2を通過すると4つの4電極を通してスイッチング
マグネット1.3に向けられる。スイッチングマグネット1.3の機能につ
いては上述の通りである。

スイッチングマグネット実質的には同じ構造であり、その機能及び
制御も実質的には同じものである。従って、スイッチングマグネット1.3につい
てのみより詳細に説明する。スイッチングマグネット1.3はSY45マグネットとも
呼ばれる45°ペンディングマグネットを適用できる。SY45マグネットは、一定
の運動量（エネルギー）を持つ陽子のビームを45°曲げる電磁石として構成さ
れている。マグネットのコイル電流は陽子の運動量に応じて必要とされる電流
に正確に制御される。マグネットのマグネットのヨークに設けられたホールを通して後段の通電されたSY45
、陽子はマグネットのホールを通して電源をオンにすると共にデジタ
ル化された電流を伝送する。マグネットの制御は(1)直流通電源をオンにすること
を必要とするか、(2)接触器を開いて電源をオフにすることのいずれかによつて
達成される。制御は、制御コンピュータが電源インターフェイスにデジタルコマ
ンドを出力することにから始まる（これについては後述する。）。SY45マグネ
ット13、15、17、19、21の構造、機能、及び制御は実質的には同じであ
る。ここで開示されているように、倍母パワーユニットは好ましくは、SY45マグ
ネットの間でビーム形成リンク

エスト信号に対応してスイッチングされる。

45°ペンディングマグネット2.3、2.5、及び2.7は、治験ステ
ーション1、2、及び3にそれぞれ設けられているガントリー1.8の遠位側の
ビームバス上に配置されている。45°ガントリーベンディングマグネット2.3

、2.5、及び2.7はエネルギーが供給された時に陽子ビームを45°曲げるよう
に設計されている。G45とも呼ばれるガントリーマグネット2.3、2.5、及び2
.7は、実質的に同じ構造であり、機能及び制御も実質的には同じである。これら
は好ましくは信号パワーユニットによって制御される。電力はG45マグネット間
でビームリクエスト信号にお応じてスイッチングされる。

図1から明らかのように、G45マグネット2.3、2.5、2.7の各々は各治験ス
テーションのガントリー1.8の付近に設けられたバス3.5、3.7、及び3.9に沿
うように陽子ビームを偏向させる。ビームバス3.5、3.7、及び3.9は、それぞ
れ1.35°ガントリーベンディングマグネット2.9、3.1、及び3.3（G135マグ
ネットとも呼ぶ）に陽子ビームを伝送する。G135マグネットは、陽子ビームを1
35°で偏向し、ガントリー1.8に設けられたビームデリバリシステム2.0にビ
ームを伝送する。G135マグネット2.9、3.1、及び3.3の構造、機能、及び制御
は実質的には同じである。これらは好ましくはビーム形成信号に対応してG135マ
グネットの間でスイッチングされる1つの電源によって給電される。

以下の説明は双極子スイッチ制御システムの基本的设计概念及び制御が開示さ
れている。さらに所定の性能を得るために好ましい仕様と一般的な必要条件も開
示されている。

A. 基本的制御機能

陽子ビームの偏向及び制御システムを構成する電磁石アレイは図2に示されて
いるような構成で構成される。一般的に、スイッチャード及び偏向マグネットの
配列は制御システムに多価化される。マグネットの制御は様々なビームバスに対
応した機能、制御、及び位置に従つて分類される。この形式でビーム経路マグネ
ットを多価化することは単純で費用に対して効率がよく、しかも安全にビームの
形成及び制御を行うことができる。図2に示されているように、陽子ビーム制御
システムは基本的に双極子スイッチコントローラ（Dipole Switch Controller）
（DSC）6.0に接続された制御用コンピュータ5.2を備えている。DSC6.0はモニタ
システム及び制御システムの中央部として機能する。DSC6.0は双極子スイッチ
及び電源のインターフェイスA5.4、B5.6、及びC5.8に接続さ

れている。インターフェイスA5・4は電源A6・2に接続されており、電源A6・2は双極子スイッチA7・2によってスイッチングされる出力部を備えている。双極子スイッチは一般的にできるだけ多くの後継に高電流信号を割り当てることができ多極スイッチである。双極子スイッチは、例えば、高電流の入力を複数の出力接続部のいずれか1つに割り当てる複数のシリコン制御整流器(SCR)で構成することができる。同様に、インターフェイスB5・6は電源B6・4及び双極子スイッチB7・4に接続されており、インターフェイスC5・8は双極子スイッチC7・6に接続された電源C6・6に接続されている。電源6・2、6・4及び6・6と、対応する各双極子スイッチ7・2、7・4及び7・6は所定の形式及び機能のマグネットが同一の電源によって別々に駆動されるようにビーム経路マグネットアレイを駆動する構成とされる。例えば、電源A6・2は、双極子スイッチA7・2の選択によりスイッチアードマグネット1・3、1・5、1・7、1・9、及び2・1のうちの任意の1つにエネルギーを供給するよう構成されている。同様に、電源B6・4は、双極子スイッチB7・4の選択により4・5°ガントリーマグネット2・3、2・5、及び2・7のうちの任意の1つにエネルギーを供給するよう構成されている。さらに、1・3・5°ガントリーマグネット2・9、3・1、及び

3・3は電源C6・6及び双極子スイッチC7・6によって給電及び制御される。ビームリクエストは制御コンピュータ5・2によって与えられ、インターフェイスクス5・1を介して双極子スイッチコントローラーに伝送される。双極子スイッチコントローラ6・0は、ビームリクエストアドレスを、選択された双極子スイッチの位置を示すデジタルコマンド信号にエンコードする。スイッチ命令はインターフェイス5・4、5・6及び5・8を介して伝送される。指示は電源及びスイッチの両方に伝えられ、スイッチは予め選択された方向に接続され、各電源はイネーブルされる。

前述の形式におけるビーム経路マグネットの方向及び操作は有益である。なぜなら、各々の電子ビームに対して実質的に同じ働きをするビーム経路マグネットには実質的に同じ操作状況が要求されることが多いからである。例えば、一般的に4・5°スイッチャードマグネットは、同様な操作能力を必要とする。従って、

電源5・2は4・5°スイッチャードマグネットのうちの任意の1つに接続する。同様にして、電源6・4は4・5°ガントリーマグネットの内の任意の1つに接続し、電源6・6は1・3・5°ガントリーマグネットの内の任意の1つに接続する。構成を多量化することにより、治験設備に必要とされる非常に高額な電源の数を減らすことができる。第2に、上述の多重化構成によればモニタ及び制御に必要とされる部品の数を減らすことができる。これによると、バス1から5(3・5から4・2)は様々なスイッチ位置にデコードされ、双極子スイッチ7・2、7・4、及び7・6に対する所望のスイッチ位置を同時に選択することによってバスが選択される。例えば、バス3・5は、マグネットIA(1・3)、IB(2・3)、及びIC(2・9)を組み合わせるように、双極子スイッチ7・2、7・4、及び7・6に対するスイッチ位置を選択することにより選択することができる。双極子スイッチは大電流をスイッチング及び維持できるようになります。これらは、好ましくはシリコン制御整流器(SCR)で構成される。SCRの構成及び動作は大電力機器の分野ではよく知られている。

B. コントロールシステムの機能的概要

双極子スイッチコントロールシステムは、ユーザー又はコンピュータ制御監視台からの電子ビーム操縦コマンドを被操縦に翻訳してシリコン整流器(SCR)に伝送する。SCRは、種々のマグネット用電源から種々の双極子マグネットへ電流を送すことによって、ビームを複数の伝送可能領域のうちのいずれか1つに向ける。双極子スイッチコントロールシステムを設計する際にまず考慮すべきことは安全性である。一番優先すべきことは治験エリアの中及びその周囲における職員の保護であり、第2に優先することは設備自体を不適切な操作状況又は破壊的操縦状況から保護することである。この開示により明らかにするように、これらの優先事項は、予想される多くの危険に対して十分な安全性を提供するシステム及び関連するハードウェアによって達成される。従って、図2に開示して説明したように設定されたバスを選択することに加えて、センサー及び動作のネットワークが部品及びシステムの障害を検知するために機能する。双極子マグネット、

双極子スイッチ、電源、及び通信線に関するすべての状態情報を、図2の両方向矢印で標識的に描かれているように、通信線53、55、57によって双極子スイッチコントローラ(DSC)60に伝送される。

図3から図5により詳細に示されているように、双極子スイッチコントロールシステムの本実施形態は、システムに起りうるあらゆるエラーを检测できるように入設計されたシステム監視ネットワークを構成している。このようなエラーが発生すると、双極子スイッチコントロールシステムはマグネット用電源をディスエーブルし、ビーム経路部品に障害が発生したときに、部子ビームが伝送されることを防止する。スイッチヤードマグネット

の初期に関する機能的部分を説明すると、システムの中央部は、図2に示すように、システムコンピュータ52、DSC60、電源62、及び双極子スイッチ72を備えている。DSC60及びコンピュータ52の間の2方向通信リンク61は、バス選択信号、状態信号及び非常シャットダウン信号のような信号を通す。静止コンピュータ52はDSC60及び選択確認ボード(SVB)70との通信のために両者に接続されている。選択確認ボード(SVB)70については、米国特許第5,260,581号に開示されており、ここでは適宜参照する。DSC60は通信リンク71を介して双極子スイッチの状態情報をSVB70に供給し、今度はSVB70がスイッチの状態情報を解析に基づいてセーフティインターロック信号を提供する。DSC60とビーム経路部品との間の基本的な通信は双極子スイッチインターフェイス54及び電源コントロールインターフェイス59を介して行われる。図3Aにより詳細に示されているように、図2の2方向通信リンク53は、DSC60と、双極子スイッチインターフェイス54、電源コントロールインターフェイス59、双極子スイッチ72、及び双極子マグネットのそれぞれとの間で通信される信号で構成される。前述のように、DSC60はビームバス形成信号を双極子スイッチ

信号又はストローブ信号により構成される。双極子スイッチの状態は双極子スイッチ72ないの各SCR(図示せず)に配囲された電流、電圧モニタによってモニタされる。これらの電流及び電圧は、それぞれSCRの電流、電圧を示す信号83及び84としてDSC60に供給される。SCRは、好ましくは、オーバーヒートの可能性を示す信号88をDSC60に出力する温度センサを備えている。DSCは、好ましくは、通信中に起こり得るエラー状況を示すバス選択エラー信号及びバーティエラー信号をも受信する。

バスの選択過程及び状態を示す信号に則して、DSC60は通信リンク90を介して、電源コントロールインターフェイス59に電源をディスエーブル又はエネルギー供給するために信号を与える。バスの選択が(DSCによって)実行され、(SVBによって)確認されると、出カイネーブル信号がインターフェイス59に伝送される。多くの障害状況の内にいずれか1つが検出されると、インターロック信号が伝送され、電源がディスエーブルされる。電源コントロールインターフェイス59は通信リンク90を介して現在電力を供給していることをDSCに示す

出力状

図2に示すように、双極子スイッチ72はSCR配列によって構成されている。図3Aに示されているように、SCRスイッチは、電源62によって供給された電力を、太線101、102、103、104及び105で示された複数のバス電流バスの内にいずれか1つに流す。バス電流バス101、102、103、104、及び105は図3B上に示されているマグネットに繋がっている。従って、電源からの電流はバス1から5のいずれかに流れ、バスのそれぞれが図3Bに示されている各双極子マグネットに繋がっている。マグネットは共通のリーンバス100を共有している。電源バス100から105はスイッチヤードマグネットのいずれか1つに必要となるエネルギーの電流を運ぶ。

バス100から105は高電流をマグネットに流すので、オーバーヒートの可能

性が問題となり、そのため、図3Aに示されているバス温度センサ106が受けられる。温度情報は、DSCブレイクアウト78によってDSC60のエラー検出回路にバス温度信号として供給される。双極子マ

クネットもそれぞれ温度センサを備えており、図3Bでは温度センサ107、108、109、110、及び111で示されている。マグネット温度情報はマグネット温度信号としてDSCブレイクアウト78に供給される。起り得るオーバーヒートに対する別の保護として、電流の流れているマグネットに対する冷却剤の流量を感知する冷却流量センサモニタを備えていてもよい。冷却流量モニタの信号は流量センサ信号としてDSC60に供給される。また、操作時においては、職員はスイッチヤードマグネットエリアのような潜在的に危険なエリアへの進入を禁止される。このようなエリアへの無断進入はドアインターロック95で感知され、ドアインターロック95はDSC60に供給される信号を出力する。バス温度、マグネット温度及び流量センサ情報はDSCブレイクアウトPCB78として保管したDSCの一部に供給される。DSCブレイクアウトPCB78からのコマンドはリンク97を介してDSC60の主要部に供給され、バス温度、マグネット温度、流量センサ、及び無断進入情報を含む多くの障害状況のいずれか1つを報告する。これらのエラーに対応して、DSC60は電源をディスエーブルするインターロック信号を電源インターフェイス59に送る。

図3A及び図3Bと実質的に類似しているが、図4は

双極子スイッチコントローラ60と、バス1から3に繋がる45°ガントリーマグネットの駆動に障害する部品との間の関係を示す機能ブロック図である。図3A及び図3Bに示された45°スイッチヤードマグネットのための状態及び制御システムと同様に、45°ガントリーマグネットは双極子スイッチコントローラ60によって駆動及びモニタされる。操作時には、双極子スイッチコントローラ60はアドレス信号、パリティ信号及びイネーブル信号をスイッチインターフェイスに供給し、スイッチインターフェイスは電力を電源64から適切なバス113、114、又は115に供給するように双極子スイッチに指示する。双極子

スイッチ74のSCRは、電流信号83及び電圧信号84によってモニタされる。電源64は上述のように電流バスの実行が確認され次第イネーブルされる。温度エラー、通信エラー又はバス選択エラーが発生すると、電源64をディスエーブルするインターロック信号が電源インターフェイス68から送られる。

図4に示された機能的部品及び関係と同様に、図5は135°ガントリーマグネットコントロール及びモニタシステムに関する類似部品を示している。DSC60は双極子スイッチインターフェイス58及び電源インターフェイス68の両者のとの通信のためにこれらに接続されている。スイッチインターフェイス及び電源インターフェイス68はそれぞれ双極子スイッチ76及び電源66と通信する。双極子スイッチ76は、電流バス121、122、及び123を介して、電力を電源66から複数の135°ガントリーマグネットの内の任意の1つに送るよう接続されている。135°ガントリーマグネットは共通のリターンバス124を共有している。温度センサ125は電流バス121から124のそれぞれに接続されている。さらに、マグネット温度センサ126は135°ガントリーマグネット29、31、及び33に接続されている。

図5に示されているシステムの操作は図3及び図4に示されているシステムの操作と類似している。スイッチインターフェイス58はDSC60からバスアドレス信号とバス選択信号を受け取ってデコードし、さらにその情報を双極子スイッチ76に伝える。選択された双極子スイッチ位臵に応するバス選択が確認されると、電源インターロック信号が電源66に供給される。DSC60に与えられる状態信号は、双極子スイッチ、電流バス、及びマグネットからの温度センサ信号と、ある種の検出回路及び相補的冗長ロジックチェック（後述する）からの通信エラーエラー信号とを含む。スイッチの状態は、双極子スイッチの各SCRに応する電流及び電圧情報を伝える双極子スイッチセンサ信号83及び84によって伝えられる。

温度センサ信号とその他のエラー感知信号は、DSCブレイクアウトPCB78を介してDSC60に供給される。信号の内の一すれか1つがアクティブになると、DSC60はセイティファイインターロック信号を通じてシステムの一部又は全部のシャットダウ

ンを開始する。

好適なビーム経路コントロールシステムの基本的な実施形態の簡単なフローチャートが図6に示されている。リモート又はローカルプロセスコントローラ130により、ユーザーはバスリクエストアクション132を行う。バスリクエストアクション132は、図2、3、4及び5に示すように、エンコードされたバスアドレス信号及びバスリクエスト信号をDSC60に伝送することにより行う。バスリクエスト信号はDSC60に受け取られ、処理ブロック134で、ビームバス0から5に対する個々のスイッチ位置のアドレスにデコードされる。バス0はヌルバスを示し、バス1から5は図1に関する限り一般的に示されたバスに対応している。DSC60に受け取られデコードされたバスリクエスト信号は、判別ブロック136で示すようにエラー及び状態のチェックを開始する。エラー状況がある場合には、バスリクエストはバスリクエスト拒否ブロック138に行きすべてのスイッチをそのままにして処理ブロック140の状態チェックを行う。システム状態及びエラー状況がユーザーに届き、これによつて、処理ブロック142及び144で示される適切なアクション及びリセット機能が実行される。エラー状況から依存して双極子スイッチコントローラがリセットされると、ユーザーは上述のようなバスリクエストを再び自由に出すことができようになる。状態のチェック及びエラーのブロック136に戻つて、もしエラーがない場合には、バスリクエストはバス選択処理ブロック146に進み、適切な双極子スイッチの配置が各双極子スイッチインターフェイス及び限りノマルチバスエラー検出器162に送られる。スイッチが選択されると、双極子スイッチのSCRから出たスイッチ状態情報が限りノマルチバス検出器162に送られる。バスエラーが検出されない場合には、電力を双極子マグネットに送ることを許可するコマンドが電力インターフェースアーブル処理に送られる。これは電源150から双極子スイッチ148を介して双極子マグネット152に送びる太い矢印で示されている。バスエラーが検出された場合には、信号は電力インターフェースアーブル機能166を除去して

マグネットがパワーアップすることを防ぐエラー判別器164に送られる。マルチバス及び限りノマルチバスの検出に加えて、他のセーフガードとしてビット状態モニタリングがある。セーフティインターロックは後段のガントリーエリアのいずれかに進入するとトリガされる。無断進入状態が検出されると、信号がエラー及び状態判別器164に伝送され、これが非常電源シャットダウン機能166をトリガし、これによって、適切なマグネット電力供給が禁止される。さらに、上述のように双極子マグネット電流バスの位置及び双極子スイッチに設けられた温度センサ156はオーバーヒート検出器に情報を供給する。もしオーバーヒート状態になると、電源インターフェイスクエアーリアル組合せがバスアドレスとアドレスバリティとを比較することによってモニタリングされている。エラーがある場合には、以後のバス選択は中止される。選択エラー状況ではさらに、適切な電力供給もディスエーブルされる。

C. 身体保護の必要性

典型的な船子ビーム治療設備の操作においては、人体に対する2つの危険が存在すると考えられている。1つ目はターゲットミス又はタイミングミスで伝送された

ビームによる船子照射であり、2つ目は潜在的に危険な電位と間に接触することによる感電死である。

本発明の双極子スイッチコントロールシステムは限った又は複数のビームバスがアクティブになることに対するセーフガードを提供する。複数のバス又は間違ったバスがアクティブになるのを防止するため、双極子スイッチ72、74、76に設けられている各SCRには別々に電流及び電圧センサが取り付けられている。電流及び電圧センサは、双極子スイッチコントロールシステムの各SCRの状態を決定するために使用される。SCRスイッチの特性が、電気ノイズ又は疑似パルスによって誤ってオン状態になつたり、予期せずにオンになつたりするかもしれない。このようなことはビームが限ったバス又は複数のバスに伝送されることに繋がる。双極子スイッチコントロールシステムの好みの実施態は、図7A及

び7 Bの簡略化したフローダイヤグラムに示されているように、双極子スイッチの選定された状態と、選択バスに対する双極子スイッチの状態を並列的に比較することによって、誤ったバス及び複数のバスがアクティブになることを防止している。まず、図7 Aを参照して、バス選択及び確認の処理がバスリクエスト170により始まる。典型的には治療室の1つにいるオペレータによってコンピュータ初期のものとに開始される。バスリクエストは図7 Aの処理ブロック172で示されるように各双極子スイッチの状態に対応する一組のデジタル信号にコードされる。第1の判別処理ブロック174では、さらに現在のバスがアクティブかどうかを考慮してバスリクエストの拒否が決定される。もしバスが電流的にアクティブであれば、ブロック180で示されているように、バスリクエストは拒否され、処理開始は処理ブロック182で示されている停止／リセットルーチンに進む。どのバスも電流的にアクティブでない場合には、職員及び患者に危険な種々の障害状況に応じて、判別ブロック176でバスリクエストの拒否が決定される。判別ブロック176で例えば、致死的な電力が使用されているエリアへ無許可の進入があった場合には、ブロック178で示されているようにバス障害状況となる。ブロック178で示されるように、設備のユーザーはロックアウト又は特定のバスが選択されないようにすることができる。もし障害状況があると決定された場合には、バスリクエストは拒否され、処理は上述のように停止／リセットルーチンへ進む。障害がなかったときには、処理ブロック184で示されているようにバスが選択される。選択は例えば、適切な電気信号を各双極子スイッチに送ることにより行われる。バス選択情報はシステムのモニタリング用としてブロック173で示されている状態バッファにも送られ、治療中ににおける他のバスリクエストを阻止する。

上述のSCR電流及び電圧センサは各SCRの状態をモニタする。センサからの情報は処理ブロック186で表現され、スイッチ状態バッファ188に進み、電流1及び電圧Vの両方の情報を示す。双極子スイッチの各SCRの電流及び電圧状態は、処

理ブロック173でロジックとしてのANDがとられて、どのスイッチがアクティブなのかが決定される。処理ブロック273からの情報はどのSCRスイッチがアクティブなのかを示し、正しいバスの決定用として後段に進む。同様に、各SCRの電流及び電圧状態は、処理ブロック171に示されているように、ロジックとしてのORがとられてどのSCRが導通しているのかを決定する。この情報は誤ったバス又は複数のバス状態を決定するために使用される。図7 Bを参照して、処理ブロック171によって判別された導通状態のSCR配列は処理ブロック175で所望のバスと比較され、正しいバスのみがアクティブでありその他のバスはアクティブにならないことが確認される。処理ブロック173で示されたアクティブ状態のSCRは処理ブロック177で所望のバスと比較され、陽子の流れが許可される前に必要なマグネットのすべてに給電されていることが確認される。後者の操作は、選択確認の方法として普及される。この選択確認は本実施形態においては、双極子スイッチコントローラとの通信を維持したままで実行される。ここで開示されている双極子スイッチコントローラシステムは、米国特許第5,260,581号(適宜参照されたい。)に開示されている選択確認処理の動作と相補的な動作を行うことを説明されたい。特に、選択及び確認の方法は、陽子の伝送がイネーブルされる前に所望のビーム配列が構成されるということを保証する。換言すれば、この好適なスイッチコントローラシステムはスイッチ状態の操作を行って、所望のスイッチ以外のスイッチがアクティブにならないことを保証する。さらに、ここに開示された双極子スイッチコントローラシステムは、既り若しくは多血エラーが発生したときに双極子マグネット電源のようなビーム伝送部品が始動することをディスエーブルする。従つて、この好適な実施形態は選択確認処理と相俟つて所望のバスが選択されしかも所望のバスのみが選択されることを保証するように動作する。

処理ブロック175及び174からの情報は、それぞれ判別ブロック183及び181を通る。判別ブロック183では、多皿バスのチェックが行われる。バス専用

が検出されないとときは、イネーブル信号は処理ブロック18に通す。同様に、判別ブロック181では正しいバスのチェックが行われ、対応するイネーブル信号は処理ブロック185に送られる。処理ブロック185は、AND論理で構成され、正しいバスが選択され且つ多電バスがない場合に、ビームイネーブル信号がアクティブになる。ビームイネーブル信号は判別ブロック187に通す。判別ブロック187は、専用判別処理で構成される。判別ブロック187で障害が検出されなければ、処理ブロック189で障子ピームはイネーブルされる。一方、障子の障害状態のいずれかがある場合、例えば、隣ったバス若しくは複数のバス選択、スイッチ温度192、マグネット温度194、ビット進入196、又はインターフェイスエラー198がある場合には、処理ブロック190に示されているように、障子ビームエストは拒否される。

SCRは電流が流れるとラッチされたオン状態を保持する特性を有するので、DSCは先の選択バスに電流が流れていると判別される限り、バス選択を許可しない。詳しくは、判別のしきい値よりも低い残留電流を常に保とすことができるよう、タイムディレイ回路を設ける。ディレイタイムは、典型的には約8秒である。

すべての電

流及び電圧センサがオフとなり、電源からのすべての出力信号がオフになるまでは開始しない。

各ビームバス及び滑板エリアには1又は2以上の非常シャットダウン"マッシュルーム"スイッチが設けられている。これらのスイッチはいずれも機械的及び電気的にラッチされる。スイッチの作動により、障害が除去されるまでバスが遮断されないようにしている。シャットダウンが要求されたときにバスがアクティブであるときは、バスの供給をオフラインにするために、電源インターロック障害が確認される。障害はスイッチが機械的に遮断するまで、若しくはラッチがコンピュータ又はローカルリセットによりクリアされる。これらのスイッチは各バスコム伝送システムのある部分のテスト又はメンテナンスを可能にするため、各バスにはミニユアルロックアウトスイッチが設けられている。このスイッチを操作することにより、スイッチをノーマルポジションに戻すまでローカルスイッチ及び

リモートスイッチの両方を戻すことができる。問題となっているバスだけがディスクープルされ、他のバスは使用できる。

高電力装置との効率的接触を防止するために、双極子スイッチは電源の低いの内部に配置され、供給アクセスインターロックシステムから保護される。ビット安全弁

可を伝送するとのビットに隣接するガントリーバスは選択されない。障害はリモートリセット又はローカルリセットにより許可が遮断し且つラッチがクリアされるまで、ラッチされる。

D. 残端保護の必要性

双極子スイッチ及び双極子マグネットの主な機能は、過電流又は冷却不良によって生じる過度の熱であると考えられる。本実施形態では、双極子スイッチ内には、スイッチ72に5つ、スイッチ74及び76のそれそれに3つずつで計11個のCRがある。各SCRには1又は2以上の温度感知スイッチ、好ましくはクリクソン(商標)タイプ(Klixon type)の温度感知スイッチが取り付けられている。それぞれの双極子スイッチ内のクリクソンは好ましくは直列に接続され、SCRがオーバーヒートするとスイッチがオフになるが、他の2つのスイッチはオフにならない。クリクソンは好ましくはDSCから光学的に隔離されている。任意の双極子スイッチ温度センサの作動によりすべての双極子スイッチ及び電源がオフになるが、他のスイッチに接続された部分のバスはそのままであり、オフになったスイッチに隣接するバス以外のバスはディスエーブルされない。温度障害は、SCRが冷却されリセット信号によつてラッチがクリアされるまで、ラッチされる。

双極子マグネットの熱損傷を防止するために、ビーム伝送システムの各双極子マグネットには、1又は2以上のクリクソンスイッチが取り付けられている。マグネットクリクソンはバス及び双極子スイッチに応じて2通りに分類される。スイッチ72上のバス1(ガントリー1)の2つの4.5・マグネットのためのクリクソンは直列に接続され、スイッチ74上のバス1の2つの4.5・マグネットも

同様に結線され、スイッチ7のマグネットも同様に結線される。温度スイッチのいずれかが開くと、そのマグネットに開閉する電源及び双極子スイッチのみがディスエーブルされ、他はそのままにされる。従って、そのバス上の他のマグネット（もしもあれば）は作動し続ける。固定ビーム電用バス（バス4）及び測定電用バス（バス5）のみが、マグネットクリクリンの作用によって全面的にディスエーブルされる。これらのバスのすべてのマグネットは、スイッチ7及び電源6によって結線されるからである。クリクリンは好ましくはDSC6から光学的に開閉される。双極子マグネット盤センサが作動すると、マグネットに給電する電源をディスエーブルするよう電源インターロック回路が働く。開連するバス内の他のマグネット又は電源は影響を受けない。

障害は、アクセス違反が除去され且つコンピュータ又はローカルリセットによってラッチがクリアされるまで、ラッ奇される。DSC内には5つまでの流量センサスイッチの入力に対して供給があり、さらに重複して安全性を確保できる。流量障害は、影響のあるバスについてはピット安全違反と同様のロジック効果を有する。

5. 信頼性の必要性

DSC設計のさらに好ましい整備は、フェイルセイフ機能、テスト機能、及び全状態の報告機能を有している。すべてのDSC入出力回路はフェイルセイフで設計されている。これは通信線の1カ所の障害であってもDSCによって換出されずにエラー状況が進行することはないということを意味する。有線通信システムにおいてもっとも起こりやすい障害には、通常、コネクタが合わなくなったり、異常ストレスによる接続破壊や、挿入媒體の切断又は摩耗によるショート、コネクタピンの腐食等、物理システム自体の機械的劣化がある。予防的安全ガードは、信号が欠落すると自動的にエラー状況をDSCに示すように設計された制御及びエラーレポート信号を有している。図8に示されているように、データ信号は相補ロジックの機能的な機能表示は、ゲート動作を有しており、データ信号は相補ロジックによってゲートされる。デジタルデータ信号

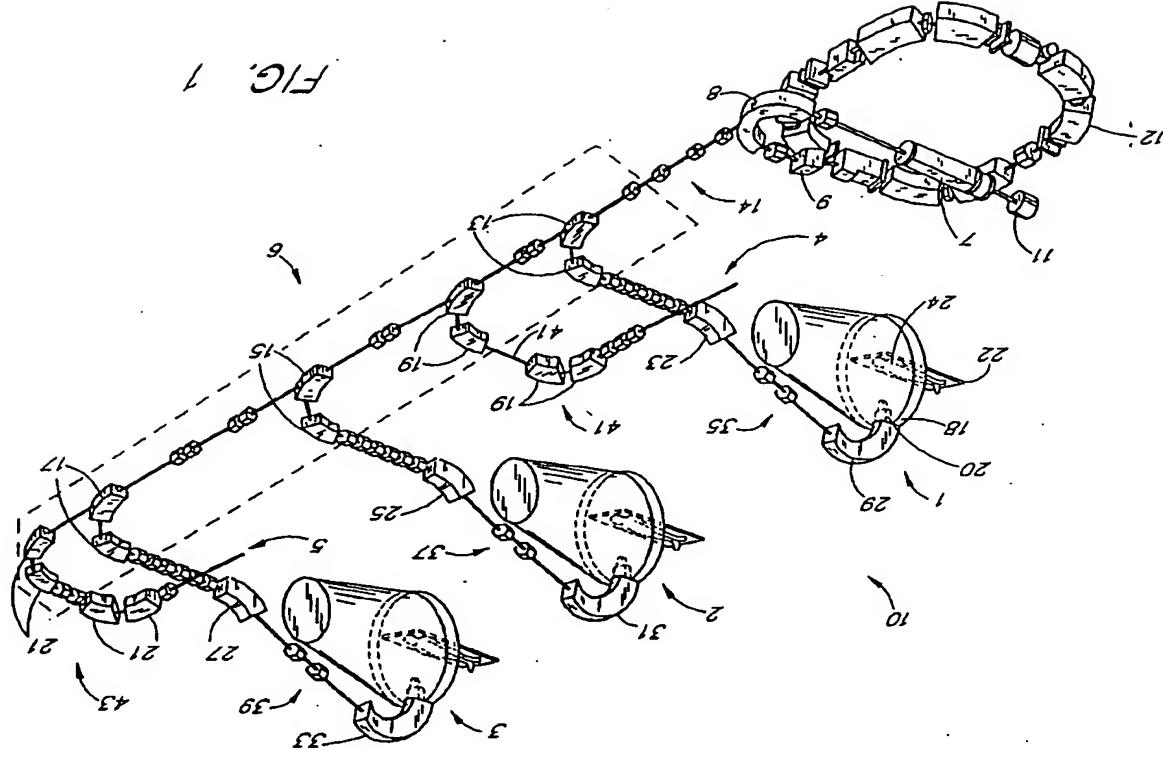
200は、相補的なユニティゲート202及び204に並列に供給される。ユニティゲート202のアウトプット201は、インプットデータ200に等しい。ユニティゲートコントリメント204は、入力信号200に対して補集合となる信号203を発生させる。信号201及び203は操作的論理和ゲートのようないオジックゲート210に供給される。ロジックゲート210はリンク状態信号205を発生させる。リンク状態205がハイであれば、リンクは使用できるようになり、リンク状態205がローであれば、リンクは障害を有する。上述のコンプリメンタリ冗長ロジックは、温度スイッチ、電流及び電圧センサのような单一通信リンク等、種々のミス感知信号配置に適用することができ、これにより通信を冗長にさせることができる。この手法は、バス選択、マルチバス若しくは誤ったバスの検出、オーバーヒートの検出、及び通信検出のような自己診断装置において作動する他の相補的信号を発生させたために使用することもできる。図8に示されているようなコンプリメンタリ冗長ロジックの実行及び使用により、潜在的な单一通信ミスを回避できる。それらは、また種々の機能レベルで冗長な自己診断機能をもたらし、コスト的に有利な方法でシステムの信頼性を向上する。

上述のコンプリメンタリ冗長機能特性は、好適にはオルトクリティカルセシオンサリンクの信頼性を高めるために適用することができる。例えば、電気及び熱センサリンクのような障害クリティカル信号にデュアルオブティカルアルソレータを採用する。図9に示されているように、センサ等により発生したデータ信号221は、識別信号223及びコンプリメント信号225を発生させる。信号220及び222に送られる。信号223及びそのコンプリメント225はデータリンク224に送られる。インプット信号223及び235は好ましくはデータリンクの出力が反対の極性となるようにしてデータリンク224に別々に接続される。このため、1の出力がハイ状態であれば、他の出力はロー状態になり、すべての入力の組み合わせに対して相補的な信号を発生する。データリンク224からの出力コンプリメンタリ信号227及び229はロジックゲート228に供給される。ロジックゲート228の出力信号235はリンク状態信号として働く。データ信号233及びコンプリメント231は、さらなる信頼性及び状態モニタリン

グのために真直及び横直の形態で実行される他のDSCオペレーションへ進む。

DSCアドレスラインのようすに"障害"状態(後述する)がない信号に特別なエラー検出回路が使用される。この

[図11]



れるべきものである。

回路構成は、部分的または全面的な通信障害を検知及び報告することができる。さらに、ドモルガン等価パラレル回路がサーマルバスに使用される。これがなければ電気部品の1点障害が潜在的な致命的な状態を隠すことを防げるシステムの冗長さが存在しなくなる。

DSCのすべての入力回路は、コンピュータ制御のとともに自己診断するためにオーブンされる通常のクローズドリーランクタトを少なくとも1つ備えている。自己診断ができることは、デバッグ処理において非常に価値があり、電源投入一チップ及び日常又は使用前テストプログラムに組み込まれたときには、セーフティクリティカルボードの信頼性を確立する点において重要な場所となる。この目的のために、好みくは、将来の拡張のために用意される追加リレーと共に、30個の4重匹ブルースローリレーが使用される。DSCがードに対するすべての入力は状態ビットとしてホストコンピュータに利用できる。本実施形態においては、全般で140ビットの状態情報が利用できる。これらのビットの内の8ビットは主要な障害を示し、逐次的に利用できる。2次的な状態を示す残りの132ビットは、ホストの制御下で8ビットごとに1バイトとして多進化される。将来の拡張のために別の数ビットが用意されている。すべてのエラー情報はS

ビデオ端子、オペレータ又は中央コンピュータの障害分析プログラムによるチェックのためにホールドされる。状態の部分集合は発光ダイオード(LED)によってDSCのフロントパネル上に表示される。

本発明は、その思想及び本質的特徴から離れない他の形態で実施することもできる。上述の実施形態はすべての点において単に説明したものであり、本発明を制限するものではないと理解されたい。従つて、本発明の思想は、上述の説明によってではなく、添付の請求の範囲によって示されるものである。請求の範囲と等価な意味及び範囲内においてなされるあらゆる変更は、本発明の思想に包含さ

(31)

[3]

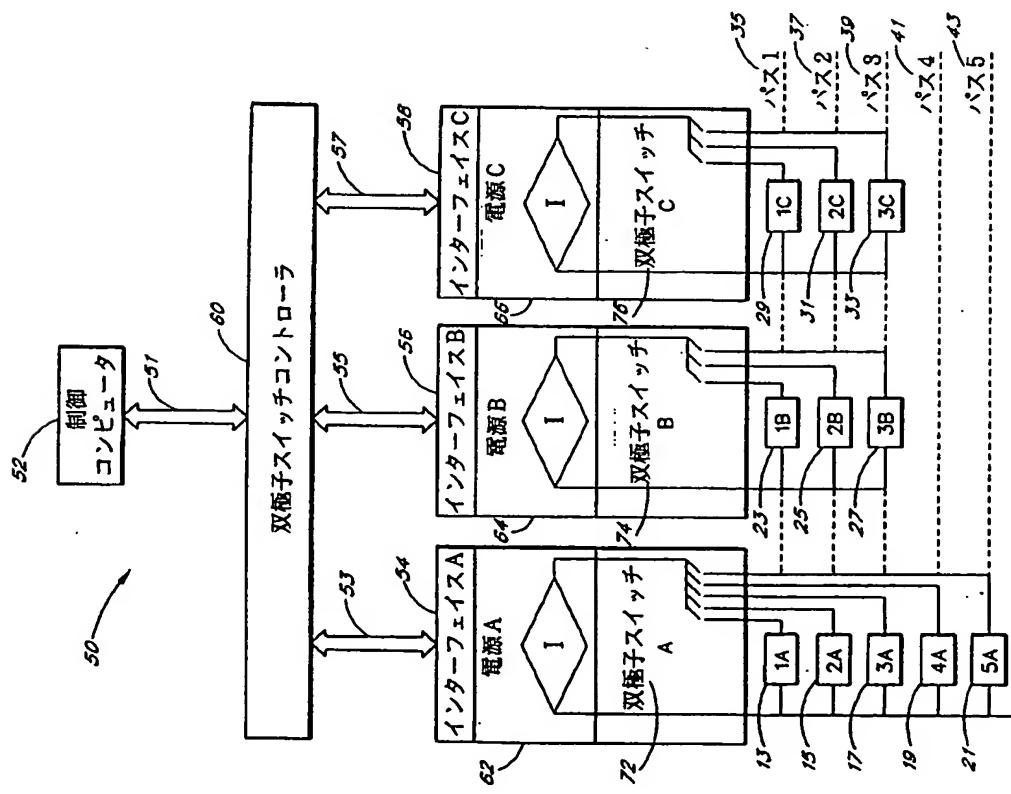
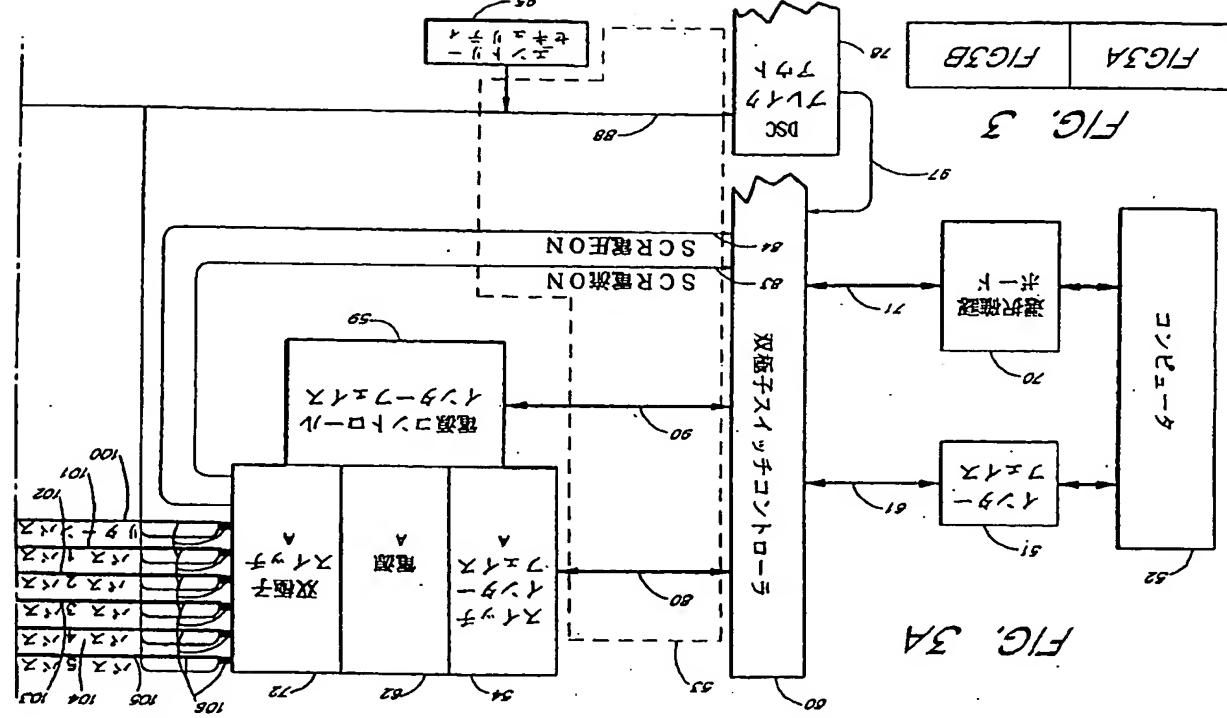


FIG. 2.

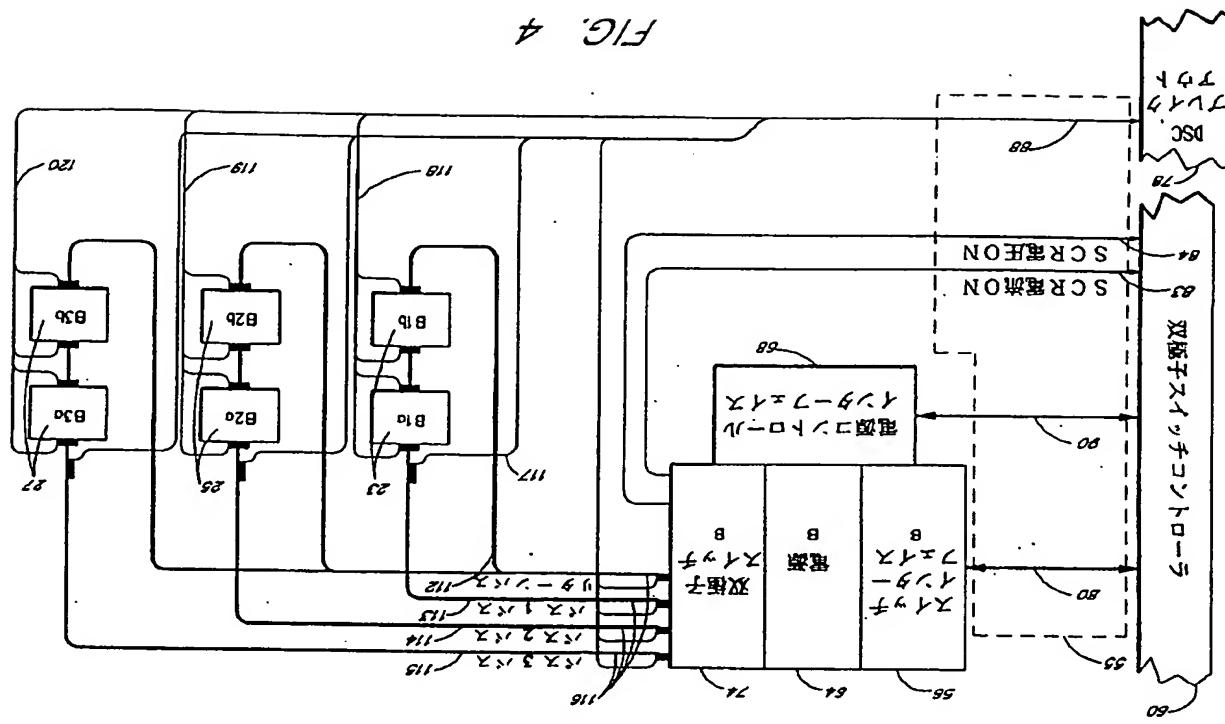
FIG. 3A

[21]

[図3]



[図4]



[図5]

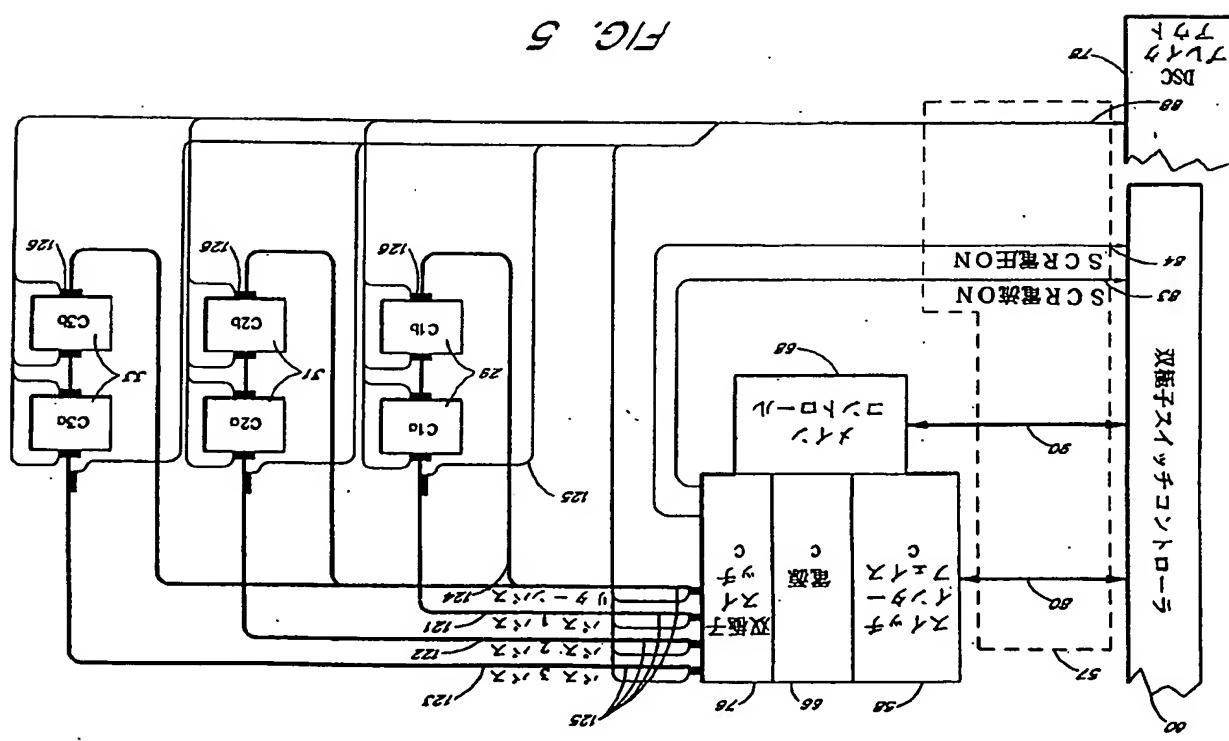


FIG. 5

[図6]

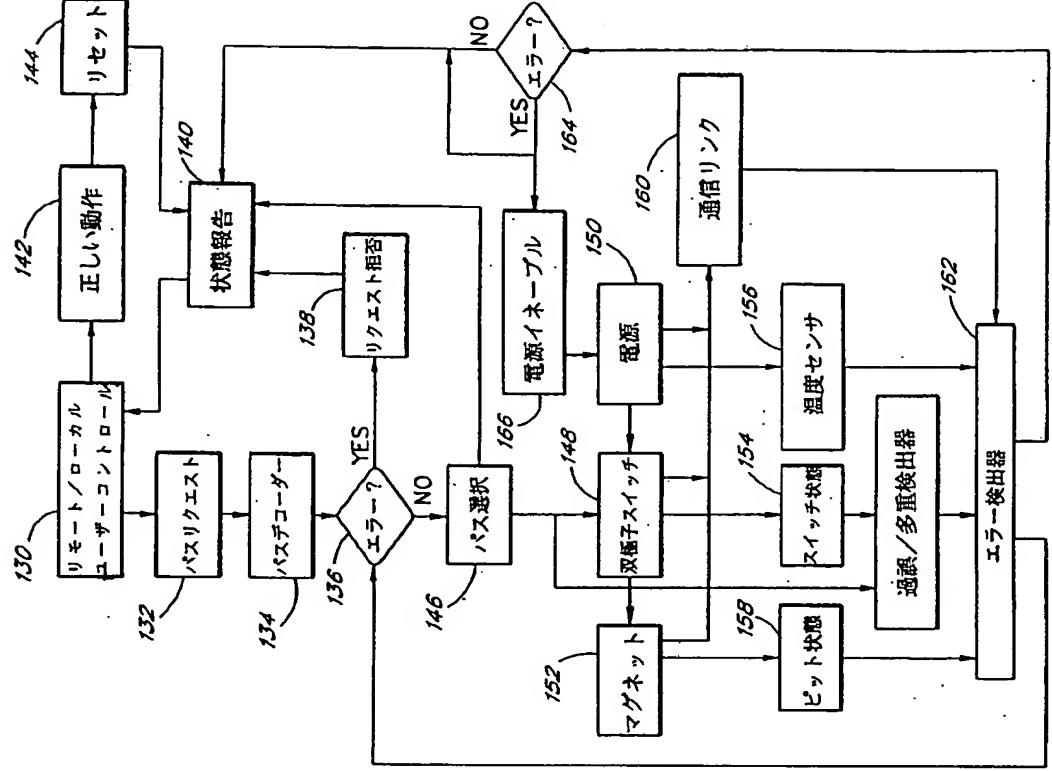
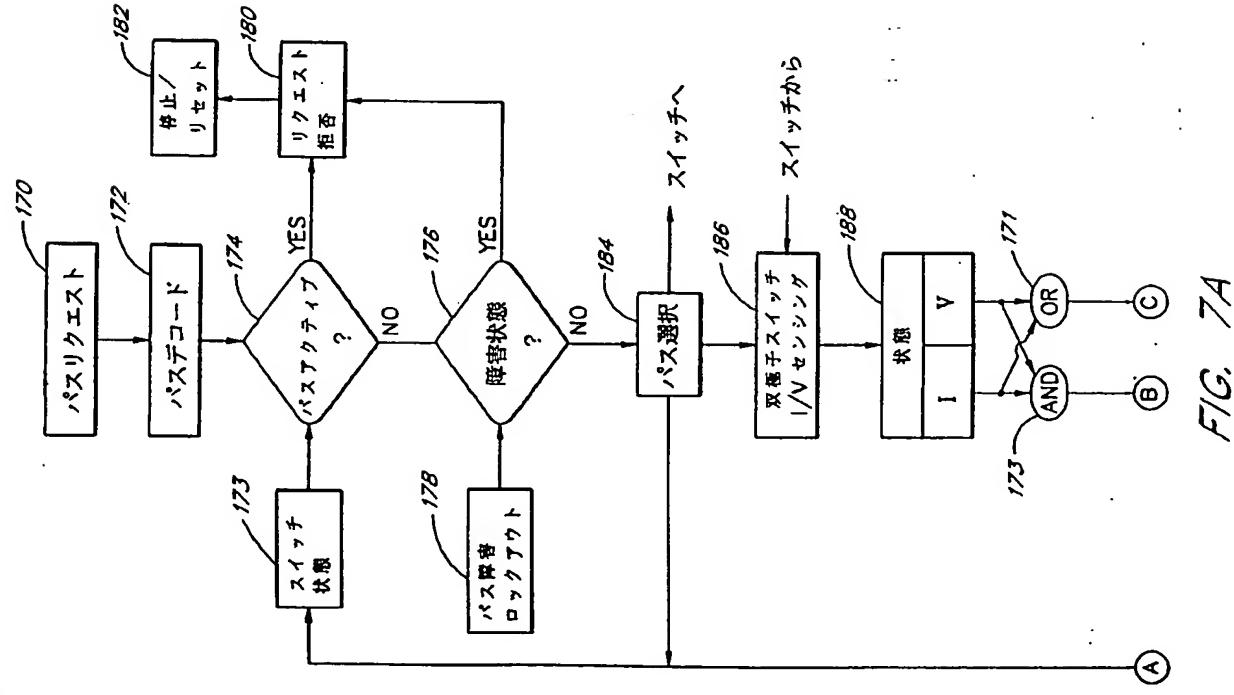


FIG. 6

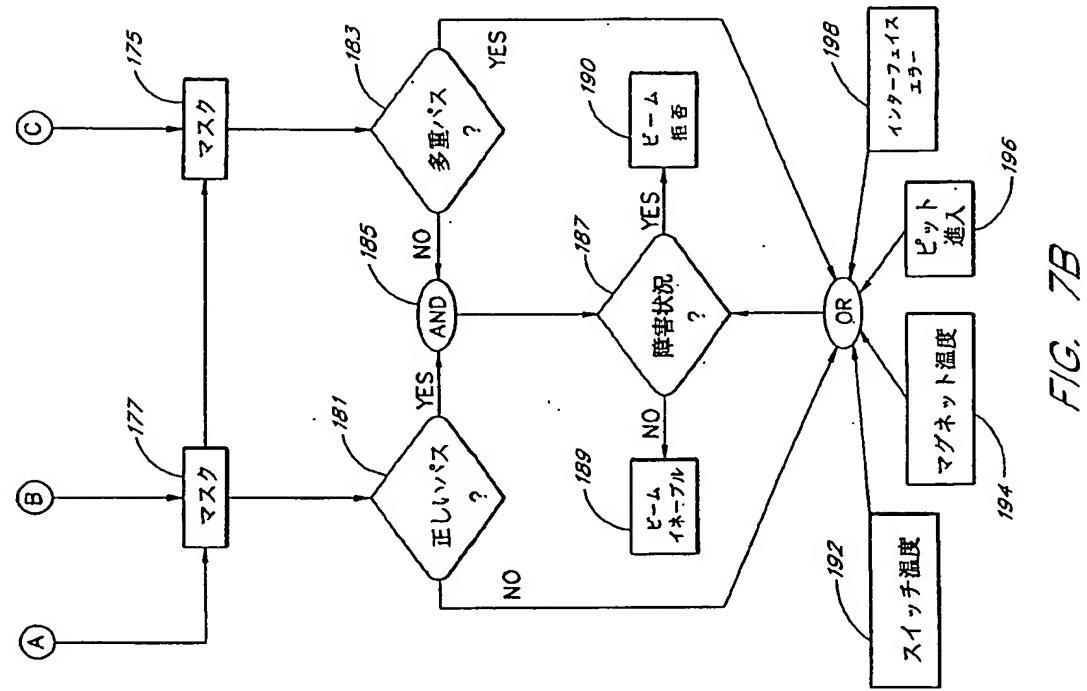
[図7]



F/G. 7A

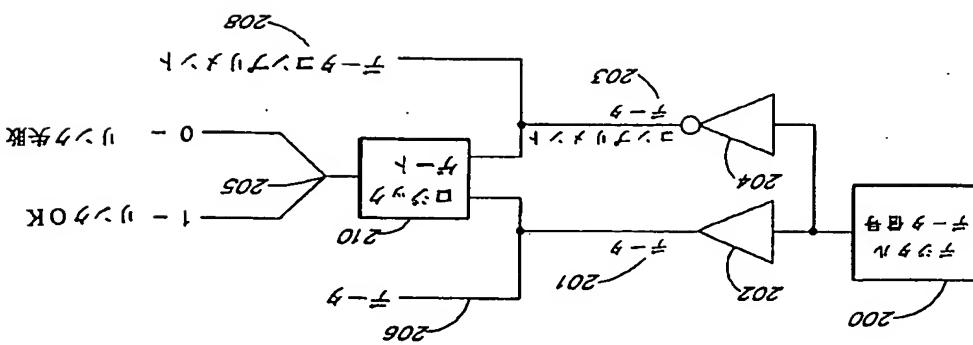
(37)

[図7]



F/G. 7B

FIG. 8



[81]

[91]

(40)

FIG. 9

【手続精正書】
【提出日】 1998年1月6日

【補正内容】

請求の範囲

- 放射線部と、検査の放射線治療部と、前記放射線部を前記放射部の放射線治療部に接続する複数のバスとを備えている放射線ビーム治療システムのための放射線部セキュリティを提供する装置であつて、
第1の状態及び第2の状態を有する複数のスイッチと、
放射線のスイッチの状態を示す信号を出力する複数のセンサと、
放射線のセンサからの信号を受信すると共に、所置のビームバスを示す信号を受信するスイッチコントローラとを備えており、
前記複数のスイッチは1又は2以上のスイッチのうちの1つに分かれて
おり、各スイッチセットは、1又は2以上のスイッチを前記複数のバスのうちの1つに向け、
前記スイッチコントローラは、(i)所置のバスにお応する複数のスイッチから
なる一組が第1の状態にあることを前記複数のセンサが示し、且つ、(ii)所置の
バスに対するスイッチセット以外のスイッチセットに含まれる複数のスイッチ
が第2の状態にあることを前記複数のセンサが示したときに、放射線ビームを所
置のビームバスに沿わせて、前記放射線ビームを前記放射線治療室に伝送するよ
うにされており、
前記スイッチコントローラは、所置のバスに沿ってビームが伝送されている間
、前記複数のセンサからの信号をモニタし、前記スイッチコントローラは、所置
のビームバスに対応するスイッチセット以外のスイッチセットに含まれる1又は
2以上のスイッチが第1の状態にあることを、前記複数のセンサが示すときには
、ビームの伝送を停止するようになされていることを特徴とする装置。
- 前記スイッチコントローラは、所置のビームバスに対応するスイッチセッ
トに含まれる1又は2以上のスイッチが第2の状態にあることを前記複数のセン
サが示すときには、ビームの伝送を停止するようになされていることを特徴する
請求項1に記載の装置。

3. 前記放射線ビームは陽子放射線ビームで構成され、前記複数のスイッチは

第

- 1の位置と第2の位置とを有するスイッチングマグネットからなり、スイッチングマグネットは第1の位置にあるときには前記複数のバスの内の1つに沿うよ
うに陽子ビームを送ることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 前記装置は、更に複数のマグネットに対応する複数の双極子スイッチを備
えており、複数の双極子スイッチのそれぞれは、第1の位置と第2の位置を有
しており、スイッチングマグネットに給電してスイッチングマグネットの第1の
位置と第2の位置とを変えることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 複数のセンサが前記複数の双極子スイッチの状態を検出することを特徴と
する請求項4に記載の装置。
- 前記複数の双極子スイッチはSRRスイッチからなることを特徴とする請求
項5に記載の装置。
- 前記複数の双極子スイッチはSRSSRスイッチからなることを特徴とする請求
項6に記載の装置。
- 前記複数の双極子スイッチは出力する請求項4に記載の装置。
- 前記装置は、更に治療室からのビームリクエスト信号を受信し且つ所置の
ビームバスを示すスイッチコントローラへ信号を出力する中央コンピュータを備
えていることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 前記中央コンピュータは、所置のビームバスを示すスイッチコントローラ
へ信号を出力する前に、ビームリクエスト信号がエラー状態であるか否かを判別
することを特徴とする請求項7に記載の装置。
- 前記中央コンピュータは、同時に2以上のビーム治療室に放射線ビームを
向けるようになつている場合には、ビームリクエスト信号がエラー状態であると
判別し、ビームリクエスト信号がエラー状態である場合には、前記中央コンピュ
ータは、所置のバスを示すスイッチコントローラへ信号を送信しないことを特徴
とする請求項7に記載の装置。
- 前記複数のセンサのうちの1又は2以上のセンサは、オーバーヒート状
態を判別するため、スイッチヤード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐え
る部分の温度も検出し、前記中央コンピュータは、電気負荷に耐える部分の温度

を検出するための前記センサから信号を受信し、オーバーヒート状態にある場合には、前記中央コンピュータがビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項7に記載の装置。

1.1. 前記複数のセンサのうちの1又は2以上のセンサは、前記スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性をも検出し、前記中央コンピュータは、人間が接触している可能性を検出する前記センサからの信号を受信し、人間が接触している場合には、前記中央コンピュータがビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項10に記載の装置。

1.2. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、選択されたビームバスを介して放射線ビーム治療室の内の選択された1つに放射線を向けるための複数のビームバスからなる多段化されたスイッチャード及びビーム伝送システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、

(a) 選択された治療室からビームリクエスト信号を受信するステップと；
(b) 選択された治療室へのビームバスであつて放射線ビーム用に選択されたビームバスを示すビームリクエスト信号からビームバス構成信号を導き出すステップと；

(c) 選択されたビームバス構成信号に従つてスイッチャード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップと；
(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記選択されたビームバスを介して、(i)スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記選択されたビームバスを介して、
放射線ビームを前記選択された治療室に送る構成であること、及び(ii)スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、複数のビームバスのうちの選択されないビームバスを介してビームが伝送されることがないような構成であること

を確認するステップと；

(e) ステップ(d)に応じて放射線ビームを前記選択された治療室に送るステップと；

(f) 放射線が、前記選択された治療室に伝送されている間、前記スイッチャード及びビーム伝送システムの元長通信バスで伝送し、

ド及びビーム伝送システムの構成を検出するステップと；

(g) (i) 前記スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記複数のビームバスのうちの選択されないビームバスを介して放射線ビーム及びビーム伝送システムの構成であること、又は(ii)前記スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記選択された治療室にビームを伝送しない構成となつていることのいずれかを検出したときには、前記選択された治療室へのビームの伝送を中断するステップとを備えていることを特徴とする放射線ビームセキュリティ方法。

1.3. 前記ステップ(d)が、

前記検出ステップからスイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すステップ；
スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号と前記ビームバス構成信号とを比較するステップと；
スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号中に、ビームバス構成信号の全てのエレメントが含まれていることを確認するステップと；
前記選択されたビームバス構成信号中に、スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号の全てのエレメントが含まれていることを確認するステップとを備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

1.4. ステップ(d)の確認が行われていない場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項13に記載の方法。

1.5. スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分の温度を検出して、オーバーヒート状態を判別し、

オーバーヒート状態である場合にはビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

1.6. スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している場合には、ビームの伝送を拒否する可能性を検出し、

人間が接触している場合には、ビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項12に記載の方法。

1.7. 検出された情報を相補型ロジックの冗長通信バスで伝送し、

前記相補型ロジック冗長通信バスを比較して通信リンク障害を判別し、通信リンク障害がある場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

18. 選択されたビームバスの構成を、相補型ロジック冗長通信バスによつて伝送し、

スイッチチャード及びビーム伝送システムの構成を、相補型ロジック冗長通信バスによつて伝送し、

それぞれの相補型ロジック冗長通信バスを比較して、通信リンク障害を判別し

通信リンク障害がある場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項17に記載の方法。

19. 前記相補型ロジック冗長通信バスの各々において、スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号を選択されたバスの構成信号とを比較してビームバスエラーを判別し、

ビームバスエラーがある場合には、ビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項18に記載の方法。

20. スイッチチャード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップは、治段ビームを複数のバスに治わせるためのスイッチ群のうち選択された一組を、前記ビームリミクエスト信号に対応して第1の状態にするステップを備えており、これにより、前記治段ビームが、複数のバスのうちの選択されたバスを通つて選択されたビーム治段室へ向けられるることを特徴とする請求項12に記載の方法。

21. スイッチチャード及びビーム伝送システムの構成を検出するステップは、複数のスイッチ群のうち選択された一組が第1の状態にあることを確認するステップと、ビームを向けるものでないことを確認するステップとを備えていることを特徴とする請求項20に記載の方法。

22. 選択された一組に属するスイッチ以外のスイッチの状態を検出する前記

ステップは、選択された一組に属するスイッチ以外のスイッチが第1の状態にあるかどうかを検出するものであり、

前記中断ステップは、選択された一組に属するスイッチ以外のスイッチの1又は2以上が第1の状態にあることが検出されると、ビームの伝送を中断するものであることを特徴とする請求項21に記載の方法。

[国際調査報告]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Examiner and Application No
PCT/US 96/01980

Classification of subject matter		Priority date		Patent family member(s)		Publication date	
IPC 6	A61H5/18	EP-A-0386152	89-03-94	BR-A-9303106 CA-A-2104256 CH-A-1809515 JP-A-610004		29-03-94 22-02-94 10-08-94 21-06-94	
D. FIELDS SEARCHED	International Patent Classification (IPC) or technical classification and IPC	WO-A-8806321	88-07-88	US-A-4827491 EP-A-0365274 JP-T-1502401		02-05-89 13-12-89 24-08-89	
Non-patent documents searched (specifications, reports, etc.)	IPC 6 A61H 621K	WO-A-9429882	90-12-94	EP-A-6702839		27-03-96	
Documents searched other than International Publications to the extent that documents are included in the basic search		WO-A-9501207	91-01-95	US-A-5440133		08-08-95	
Documents also cited during the international search (name of citee and, where present, search terms used)		US-A-5266581	89-11-93	NONE			

Prior documents are listed in the continuation of box C.
 Patent family numbers are listed in annex.

Type of search of cited documents:

"A" documents defining the general state of the art which it is believed to be of particular relevance

"B" documents, but not defining the general state of the art

"C" documents which may be useful in combination with other documents

"D" documents which may be useful to predict the performance of an invention

"E" documents referred to as and denoted, i.e., references or

"F" documents published prior to or simultaneously with the cited documents

"G" documents having a common patent family

Date of the earliest priority of the international search

28 May 1996

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P. O. Box Patenten 2

NL-2200 HV Rijswijk

Tel. (+31) 70 300 3000, Telex 31 651 CPN NL

Fax (+31) 70 302 0016

Authorized officer

Taccoen, J.-F.

Form PCT/ISA/30 (International Search Report) (Rev. 1/92)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Item and Application No
PCT/US 96/01980

Priority date		Patent family member(s)		Publication date	
EP-A-0386152	89-03-94	BR-A-9303106 CA-A-2104256 CH-A-1809515 JP-A-610004		29-03-94 22-02-94 10-08-94 21-06-94	
WO-A-8806321	88-07-88	US-A-4827491 EP-A-0365274 JP-T-1502401		02-05-89 13-12-89 24-08-89	
WO-A-9429882	90-12-94	EP-A-6702839		27-03-96	
WO-A-9501207	91-01-95	US-A-5440133		08-08-95	
US-A-5266581	89-11-93	NONE			

Form PCT/ISA/30 (International Search Report) (Rev. 1/92)

フロントページの様式

(72)発明者 レーシー ティヴィット エー。
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
93373 レッドランド ミルズ アベニュー
- 1310

(72)発明者 スラター ジョン ダグラス。
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
93373 レッドランド エス. グローブ
アベニュー 945